



## 저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

보건학 석사학위논문

국내 고도비만 당뇨병환자에서  
대사비만수술의 비용효용분석

Cost-effectiveness analysis of  
Bariatric surgery in type 2 diabetes patients  
with severe obesity in Korea

2013년 8월

서울대학교 보건대학원

보건학과 보건정책관리 전공

김 창 희

## 국문초록

연구배경: 최근 고도비만 당뇨병환자에서 대사비만수술이 기존의 비수술적 당뇨치료에 비해 뚜렷한 임상적 개선을 보이는 치료대안으로 대두되고 있다. 본 연구는 대사비만수술이 고도비만 당뇨병환자에서 임상적 유용성뿐 아니라 경제적 유용성도 함께 가지고 있는지 비용효과분석을 통해 확인해보고자 한다

연구방법: 우리나라 당뇨병환자 중 체질량지수  $30\text{kg/m}^2$  이상의 고도비만 환자를 분석 대상으로 하여, 대사비만수술과 기존의 비수술적 치료법의 비용효과성을 비교하였다. 분석 모형은 마콕모형을 사용하였다. 모형에서 고려되는 대사비만수술의 당뇨 관해율, 각 건강상태에서의 사망률, 진단 및 치료에 드는 비용 등은 모두 한국 자료를 사용하였다. 단, 대사비만수술 후 당뇨가 관해되었다가 다시 재발하는 비율은 한국 임상 자료가 없어, 외국의 자료를 인용하여 사용하였다. 비용효과분석은 보험자 관점으로 하였으며, 분석기간은 평생으로 하였다. 또한, 결과에 영향을 미칠 수 있는 변수들에 대해서는 민감도 분석을 시행하였다

연구결과: 기본분석 결과, 대사비만수술은 기존의 비수술적 당뇨치료법에 비해 비용효과적인 대안이었다. 대사비만수술의 점증적 비용효과비는 4,731,826원/QALY로 분석되었다. 민감도 분석 결과, 연령이 낮고, 분석기간이 짧으며, 수술비용이 낮거나 당뇨병 치료비용이 높을수록 대사비만수술의 점증적 비용효과비는 낮아지는 것을 확인할 수 있었다.

연구결론: 대사비만수술은 기존의 비수술적 당뇨치료와 비교하여 고도비만 당뇨병환자에서 임상적 유용성을 가지고 있으며, 동시에 비용효과적인 치료

대안으로 확인되었다. 이는 다른 나라에서 이루어진 선행 연구 결과들과도 일치한다. 앞으로 대사비만수술에 대한 사회적 인식이 높아지고 수술비용에 대한 사회보험 적용이 가능해진다면, 대사비만수술은 좀 더 빠르게 고도비만 당뇨병환자의 치료 대안으로 자리잡게 될 것이다.

주요어: 대사비만수술, 비용-효과 분석, 고도비만 당뇨병환자, 마르코프 모형

학번: 2010-22073

## 목차

I. 서론 .....	7
1.1 연구 배경 및 필요성 .....	7
1.2 연구 목적 .....	10
II. 실증적 문헌 고찰 .....	11
2.1 대사비만수술에 대한 실증적 문헌 고찰 .....	11
2.2 선행연구에 대한 문헌 고찰 .....	17
III. 연구방법 .....	21
3.1 비교 대안의 선정 .....	21
3.2 분석모형과 효과자료의 수집 .....	21
3.3 효용가중치자료의 수집 .....	27
3.4. 비용의 추정 .....	28
IV. 연구결과 .....	33
4.1 효과 분석 결과 .....	33
4.2 비용 분석 결과 .....	34
4.3 비용-효과 분석 결과 .....	34

4.4 민감도 분석 결과.....	35
V. 고찰 및 결론.....	42
5.1. 연구결과의 해석.....	42
5.2. 연구에 대한 고찰.....	43
5.3. 결론.....	44
VI. 참고문헌.....	46

## 표 목차

표 1. 고도비만 당뇨병환자에 대한 대사비만수술의 선행 경제성평가.....	17
표 2. 비교대안.....	21
표 3. 분석대상 코호트의 크기 .....	22
표 4. 건강상태의 정의 .....	24
표 5. 건강상태별 전이 확률 및 사망률에 대한 가정 .....	27
표 6. 당뇨병의 질 가중치.....	28
표 7. 분석 관점 및 비용 항목 .....	29
표 8. 수술 비율에 따른 일인당 수술비의 변동.....	31
표 9. 마콕모형에 적용된 직접의료비용.....	31
표 10. 대안간 누적 및 일인당 QALYs 비교.....	33
표 11. 대안간 누적 및 일인당 비용 비교.....	34
표 12. 기본 비용효과분석( $\Delta$ 비용/ $\Delta$ QALY) 결과.....	35
표 13. 연령에 따른 민감도 분석 .....	36
표 14. 분석기간에 따른 민감도 분석 .....	37
표 15. 할인율에 따른 민감도 분석 .....	38
표 16. 수술비용의 변동에 따른 민감도 분석.....	39
표 17. 당뇨병 치료비용에 따른 민감도 분석.....	41

## 그림 목차

그림 1. 분석대상 코호트 .....	22
그림 2. 마콕모형: 건강상태와 첫 번째 주기의 전이 확률([표 5] 참고).....	24



# I. 서론

## 1.1 연구 배경 및 필요성

지난 수 십 년간 한국인의 비만 및 당뇨병 유병률은 빠른 속도로 증가하여 왔다. 제 5차 국민건강영양조사에 따르면, 한국인의 비만 유병률(만19세이상, 표준화)은 1998년 26.0%에서 2005년 31.3%로 5.3% 포인트 증가한 후 이후 계속 31%의 높은 수준을 유지하고 있다. 한국인의 당뇨병 유병률(만30세이상, 표준화) 또한 2001년 8.6%에서 2011년 9.8%로 증가한 뒤 지속적으로 높은 수준을 유지하고 있다(Korea Centers for Disease Control and Prevention, 2012). 이제 비만과 당뇨병은 한국인에게 흔하고 익숙한 질병이 된 것이다.

일반적으로 당뇨병환자의 약 90%는 제 2형 당뇨병을 가지고 있으며, 비만은 제 2형 당뇨병의 발생에 가장 주요한 위험인자로 알려져 있다(The Korean Academy of Family Medicine, 2007). 비만은 일반인구에서 당뇨병 발생에 기여하는 위험도가 약 60%에 이르며, 체질량지수(Body Mass Index, BMI)  $30\text{kg/m}^2$  이상의 비만환자들은 정상 체중을 가진 사람에 비해 제 2형 당뇨병에 걸릴 확률이 약 10배까지 높아질 수 있고, 체질량지수  $32.5\text{kg/m}^2$  이상인 경우에는 최대 40배까지 높아질 수 있다(Hart CL 등, 2007). 이러한 연구결과를 감안하면, 당뇨병은 고도비만 환자에게 있어 질병의 자연 경과상 피해가기 어려운 질병이라 할 만하다. 이런 이유 때문에 일부에서는 비만(Obesity)과 당뇨병(Diabetes)의 합성어인 "Diabesity"란 말을 사용하여 이러한 관계를 표현하기도 하였다

(Kaufman, 2006). “Diabesity”의 중요한 보건학적 의미는 일단 당뇨병이 발생하면, 현재의 비수술적 치료로는 당뇨병의 완치를 기대할 수 없어, 결과적으로 당뇨합병증으로 인한 사망률이 증가한다는 데 있다.

이에 새로운 당뇨병 치료법의 일환으로, 고도비만을 가진 당뇨병 환자에서 대사비만수술 (베리아트릭 수술, Bariatric surgery)의 효과에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 이미 여러 연구들이 비만한 제2형 당뇨병환자에서 대사비만수술 후 체중 감소 및 당뇨병의 개선과 관해를 보고하여 왔다(Schauer 등, 2003; Sugerman 등, 2003). 좀 더 대규모 연구로는 2007년 스웨덴에서 시행한 대규모 전향적 코호트 연구(Swedish Obese Subjects study)가 있으며, 여기에서 비만한 당뇨병 환자들이 대사비만수술 후 혈당이 감소하면서 당뇨병이 조절되고, 장기적인 생존율이 높아진다는 결과를 보여주었다(Sjostrom 등, 2007). 최근에는 3,188명의 제 2형 당뇨병 환자를 포함한 대규모 meta-analysis에서, 약 78%의 당뇨병 환자가 대사비만수술 후 당뇨병이 관해 되었다고 보고하였다(Buchwald 등, 2009).

이러한 내용들이 당뇨병의 중요 임상치료가이드라인에 반영되기 시작하여, 2011년에는 IDF (international Diabetes Federation)에서 대사비만수술에 대한 position statement를 발행하기에 이르렀다. IDF는 대사비만수술을 당뇨병치료의 “game changer”로 소개하고 있으며, 고도비만을 가진 당뇨병환자에서 기존 치료의 마지막 방편으로서가 아니라, 좀 더 이른 시점에서 대사비만수술을 고려할 것을 권고하였다(Dixon 등, 2011). IDF가 대사비만수술을 권고하는 고도비만의 기준은 체질량지수  $35\text{kg/m}^2$  이상이지만, 아시아인에서는 이 수치를 그대로 사용하기는 어려울 것으로 보인다. 보통 아시아인에서는 비만 및 고도비만의 기준이 서양인보다 낮아,

체질량지수  $30\text{kg/m}^2$  이상을 고도비만으로 정의하기 때문이다(Wen 등, 2009). 이는 아시아인이 서양인에 비해 상대적으로 높은 체지방량 및 내장지방량을 가지고 있고, 복부 비만으로 인해 인슐린 저항성이 발생하기 쉬우며, 당뇨병 발생 초기에 췌장 베타 세포의 인슐린 분비가 저하되는 특성 등, 서양인보다 낮은 체질량지수에서도 당뇨병 등의 비만 관련 합병증이 발생할 수 있는 것과 관련이 있다(Yoon, 2006).

전세계적으로 대사비만수술 건수는 해마다 증가하고 있다. 미국의 경우, 1998년에는 약 1만 3천명 정도가 대사비만수술을 받던 것이, 2008년에 들어서는 약 22만명이 대사비만수술을 받았다고 한다(Lee, 2012). 우리나라에서도 2003년 처음으로 대사비만수술이 시작되어, 2011년 이후부터 매년 1000여건 정도의 대사비만수술을 이루어지고 있다(Heo 등, 2012). 그러면, 한국에서 대사비만수술의 고려 대상이 되는 고도비만 당뇨병환자의 수는 과연 얼마나 될까? 제 5기 국민건강영양조사에 따르면, 체질량지수가  $30\text{kg/m}^2$  이상인 고도비만 당뇨병환자는 전체 당뇨병환자의 약 7.9%이다. 이를 2013년 예상되는 30세 이상 국내당뇨병인구로 환산해보면 한국에는 약 28만명의 고도비만 당뇨병환자가 있을 것으로 추정된다(Korea Centers for Disease Control and Prevention, 2012). 이들이 잠정적으로 대사비만수술의 고려대상이 되는 국내 고도비만 당뇨병환자의 수이다.

그러나, 대사비만수술은 앞서 말한 뚜렷한 임상적 개선효과에도 불구하고, 현재까지 전세계적으로 임상전문가들에게 큰 관심을 받지 못하고 있다. 거기에는 몇 가지 이유가 있을 것인데, 그 중 하나가 대사비만수술의 높은 초기비용으로 인해 임상전문가 및 환자들이 대사비만수술의 비용 효과성에 대해 의구심을 가진다는 점이다. 이에 본 연구는 대사비만수술이 한국

의료시스템하에서 고도비만 당뇨병 환자의 적절한 치료법으로 고려될 수 있는지 살펴보고자 한다.

## 1.2 연구 목적

본 연구는 고도 비만 당뇨병 환자에서 대사비만수술의 비용효과성을 평가하기 위하여, 대사비만수술과 기존의 비수술적 당뇨병치료를 비교해보고자 한다. 또한 분석에 적용되는 여러 변수에 대한 민감도 분석을 통하여 대사비만수술의 비용 효과성에 영향을 주는 요소를 찾아 보고자 한다.

## II. 실증적 문헌 고찰

### 2.1 대사비만수술에 대한 실증적 문헌 고찰

#### 2.1.1 대사비만수술에 대한 역사적 흐름(Choi, 2012)

비만의 수술적 치료는 1952년에 소장을 제거하는 방식으로 처음 시도되었으며, 1969년 위우회술(gastric bypass)이 개발되어 많은 변형을 거쳐서 오늘날의 위우회술에 이르렀다. 흡수장애를 기본 기전으로 하는 담췌전환술(Biliopancreatic diversion)은 1979년 Scopinaro 등에 개발되어 오늘날까지 사용되고 있으며, 특히 비만도가 심한 환자에서 표준 술식의 하나로 자리 잡게 되었다. 위밴드술(Gastric Banding)은 1980년 중반에 Szinicz와 Kuzmak이 각각 조절형 밴드를 고안하면서 시작되었는데, 현재 전 세계적으로 가장 많이 시행하는 대사비만수술의 하나가 되었다. 위밴드술의 수술법이 다른 대사비만수술보다 간단하여 수술 후 사망률과 합병증이 적기 때문이다. 그러나 반대로 후기 합병증은 대사비만수술 중 가장 높은 것으로 알려져 있다.

1980년 후반 이후부터는 담췌전환술을 제외하고 대부분의 대사비만수술을 복강경으로 시행하게 되었다. 복강경 수술이 덜 침습적이라는 점 이외에도, 개복수술은 반복해서 수술하기 어려운 반면, 복강경의 경우에는 반복하여 수술하는 것이 가능하다는 장점이 있기 때문이다.

최근에 새로 각광을 받는 수술은 슬리브 위절제술(sleeve gastric

tomy)이다. 이전에는 비만도가 매우 높은 환자들은 담체전환술을 시행하는 경우가 많았는데, 이 경우 수술 자체도 위험하지만, 높은 비만도로 인하여 수술 합병증의 위험도가 높았다. 그에 대한 대안으로, 비만도가 매우 높은 환자에서 일차적으로 위 대만을 따라서 위를 절제한 후, 환자의 체중이 줄게 되면 2차로 추가 수술을 하는 방법이 고안되었다. 그러다가 일차 수술만으로도 환자의 수술 결과가 좋아져서, 이제는 슬리브위절제술(sleeve gastrectomy)이라는 단독 수술로서 자리를 잡게 된 것이다.

#### 2.1.2 대사비만수술의 종류와 수술방법(Heo, 2008).

대사비만수술의 수술방법은 크게 제한수술(restrictive procedure)와 흡수장애 수술(malabsorptive procedure)로 나눌 수 있다. 많이 사용되는 대사비만수술법 중 위밴드술은 제한수술의 대표적인 방법이고, 담체전환술은 흡수장애수술의 대표적인 방법이다. 위우회술은 이 두 수술의 중간쯤의 형태로서 그 장단점을 함께 가지고 있다고 볼 수 있다.

##### 가. 위우회술(Gastric Bypass)

위우회술은 30년 이상 동안 여러 차례 변형과 개선을 거치면서, 현재의 루와이(Roux Y)술식을 적용하게 되었다. 루와이 술식은 소장을 분리하여 담체즙이 지나가는 길과 음식이 지나가는 길을 각각 만들고, 그 원위부에서 두 길이 만나도록 하여, 담즙의 역류로 인한 위식도염 발생을 억제하는 방법이다. 이 때, 루와이로 분리된 두 길이 원위부에서 합쳐질 때까지의 길이가 위우회술의 결과에 중대한 영향을 미친다. 이 길이가 길수록 수술에 의한 체중감량효과는 커지지만, 그만큼 수술에 의한 대사성 합병증의

위험도도 높아지게 된다(Brolin, 2005). 위우회술은 체중감량효과가 뛰어나고 수술로 인한 합병증이 비교적 낮아, 미국에서는 비만 환자의 표준술식(Gold Standard)으로 인정받고 있다(Bertucci 등, 2005). 이 수술은 90% 이상에서 복강경수술로 이루어진다.

#### 나. 복강경 위밴드술(Laparoscopic Adjustable Gastric Banding)

위밴드술은 위식도 경계부에서 약 1~2cm 정도 아래 부위에, 풍선기능이 있는 밴드를 부착시키고, 밴드의 풍선부분과 연결된 포트를 피하, 복벽에 고정시킨다(Belachew 등, 1994). 외부에서 피하에 고정된 포트에 생리식염수를 주입하면, 포트와 연결된 밴드 내경의 풍선부분이 부풀어 오르면서 위의 내경이 점차 좁아지게 된다. 이렇게 내경을 조절하면 비만 환자의 식사량을 조절할 수 있게 된다. 위밴드술은 수술방법이 쉽고, 표준술식인 위우회술보다 수술 관련 합병증이 낮으며, 체중감소 효과도 위우회술과 거의 같다는 연구결과가 있어 유럽 국가에서는 더 선호된다(DeMaria 등, 2005). 그러나, 반대로 체중감소 정도가 부족하고 치명적이지는 않지만, 밴드와 관련된 장기 합병증이 많다는 평가도 있다(Ren 등, 2022). 이 수술 역시 거의 대부분 복강경수술로 이루어지고 있다.

#### 다. 담췌전환술(Biliopancreatic Diversion with or without Duodenal Switch: BPD/DS)

담췌전환술은 영양흡수를 저하시키기 위해 상당한 길이의 소장을 우회시키는 방법이다. 위의 유문을 보존하면서 위를 절제하고, 십이지장에서 절단하여, 루와이로 위와 소장을 연결한다. 많은 환자에서 사용되지는 않으며, 주로 BMI 60 이상의 환자에서 사용된다(Marceau 등, 1998).

#### 라. 위소매 절제술(Sleeve Gastrectomy)

위소매 절제술은 음식 섭취량을 줄이기 위해, 위의 소만부, 분문, 유문은 그대로 두고, 위의 대만부만 절제하는 수술법으로, 소장의 변화는 없다. 이 수술법은 수술 고위험군, 초고도비만 환자 등에서 위나 소장을 우회하는 수술을 받기 전에, 우선 어느 정도의 체중감량을 유도하는 수술로서 처음 사용되었다. 그 이유는 이들 환자가 대부분 여러 가지 동반 질환을 가진 수술 고위험군인 경우가 많아, 우선 위소매 절제술을 하여 체중감소와 동반 질환의 개선을 유도하고, 그 이후에 수술의 위험도가 낮아지면 담췌전환술 같은 결정적 수술을 하는 것이 유리하였기 때문이다(Silecchia 등, 2006). 그러나, 최근에는 위소매 절제술만으로도 다른 비만수술과 같은 체중감량 효과를 볼 수 있다는 보고들이 있어 단독으로 사용되는 경우도 많다(Frezza, 2007). 국내에서도 한국인의 식습관과 관련해서 이 수술이 효과적이라고 보고하였다(Han 등, 2005).



### 2.1.3 대사비만수술이 당뇨병을 치료하는 기전

위우회술이나 담체전환술 등에 의해, 소화가 되지 않은 음식물이 상부 위장관을 우회하여 소장의 회장부위에 도달하면, 소장 내 인슐린분비에 영향을 받는다. 그에 따라 GLP-1의 증가 및 GIP의 감소가 일어나면, 다른 조직에서 인슐린의 민감성이 증가하고, 췌장 베타 세포의 글루코즈 민감성도 증가하여 결과적으로 당뇨가 개선된다고 설명하고 있다(Guidone 등, 2006). 또한 글루코즈와 지방산의 대사와 관련된 유전자 발현의 변화로, 근육에서의 인슐린 민감성 증가가 영향을 미친다고 설명하고 있다(Rosa 등, 2007).

### 2.1.4 대사비만수술의 당뇨병 치료효과에 대한 임상적 증거

대사비만수술의 당뇨병의 조절 및 개선에 대한 효과는 매우 뛰어나다. 당뇨병을 가진 환자들에서 대사비만수술의 효과를 systemic review한 결과에 따르면, 대사비만수술을 받은 당뇨병 환자의 75-80%가 수술 후 당뇨병의 관해 상태에 도달하였고, 수술 후 2년 뒤에도 약 62%의 환자가 당뇨병 관해 상태를 유지하였다(Buchwald 등, 2009). 이러한 결과는 대규모의 전향적 관찰 연구인 Swedish Obese Subjects(SOS) study에서도 다시 확인되었다. SOS(2007) 연구에서, 대사비만수술을 받은 당뇨병환자의 72%가 수술 2년 뒤 당뇨병 관해 상태에 있었으며, 수술 10년 후에도 36%에서 당뇨병 관해 상태가 유지되고 있음을 확인하였다. 또한 대사비만수술은 당뇨병 발생의 고위험군에 있는 환자들에서 당뇨병 발생률을 현저하게 줄여주는 효과를 보여주기도 하였다. 당뇨병 발생의

고위험 환자들에서 수술 2년 뒤 대사비만수술군의 당뇨병 발생률은 1% 정도인 반면에, 비수술치료군의 당뇨병 발생률은 8% 정도로 높았다. 이와 같은 효과는 장기간 지속되어, 수술 10년 뒤에도 대사비만수술군의 당뇨병 발생률은 7%인 반면에 비수술치료군의 당뇨병 발생률은 24%로 높았다 (Sjostrom 등, 2007).

#### 2.1.5 대사비만수술의 합병증(Heo, 2008)

수술 후 30일 이내의 사망을 수술사망률로 보았을 때, 2000년 이후 미국에서 보고된 병원퇴원자료에서는 수술사망률을 0.33%로 보고되었다 (Zingmond 등, 2005). 수술 사망의 위험요인에 대한 연구에서 60세 이상의 고령, 남자, 외과의의 경험 등이 중요한 요인이었고, 높은 BMI, 고혈압, 폐와 심혈관 질환 동반 등이 위험 요인이었다(DeMaria 등, 2007).

대사비만수술과 관련한 단기 합병증은 일반 복강경수술에서 보이는 빈도와 정도와 크게 차이가 없었다(Elder등, 2006). 장기 합병증은 대표적으로 영양결핍이 발생 할 수 있는데, 위밴드술 등과 같은 제한수술을 받은 환자에서는 섭취량이 적어서 영양결핍이 발생하지만, 담체전환술 등과 같이 흡수장애수술을 받은 경우에는 섭취량 감소와 함께 흡수장애가 동반되어 영양결핍을 일으킨다. 흡수장애수술을 받은 경우에 비타민 B12, 철분, 칼슘 등이 결핍되기 쉬운 영양소다. 또 다른 장기 합병증으로, 수술 후 장의 상태가 변화하여 발생하는 합병증이 있을 수 있다. 위밴드술을 받은 환자에서 발생하는 밴드 관련 합병증(O' Brien 등, 1999)이나, 위우회술처럼 수술로 위를 분리시킨 경우에 분리시킨 위가 누공으로

연결되어 다시 체중이 증가하는 경우가 있을 수 있다. 또한 모든 장문합부는 협착이 발생할 수 있으며, 이는 개복술보다 복강경 수술을 한 경우에 더 자주 발생한다(Schauer 등, 2000).

## 2.2 선행연구에 대한 문헌 고찰

고도비만 당뇨병환자에서 기존의 비수술적 치료방법과 비교하여 대사비만수술의 비용효과성을 평가한 연구가 있는지 살펴보기 위해 문헌검색을 실시하였다. 검색엔진은 Pubmed를 활용하였으며, 'cost-effectiveness', 'Diabetes', 'Bariatric surgery'를 검색어로 입력하였다. 총 28개의 문헌이 검색되었으며, 그 중 제목 및 초록 검토를 통해 고도비만 당뇨병환자에서 대사비만수술에 대한 경제성 평가 연구가 아닌 것을 제외하여, 최종적으로 6개의 문헌이 선행연구로 검색되었다(표 1).

표 1. 고도비만 당뇨병환자에 대한 대사비만수술의 선행 경제성평가

	Ackroyd et al. 2006 (독일,프랑스,영국, CEA)	Aneselmino et al. 2009 (오스트리아, 이탈리아, 스페인, CEA)	Pollock et al. 2013 (영국, Budget impact analysis)
Time	5 years	5 years	5 years
Model	Deterministic linear algorithm based on Excel	Deterministic linear algorithm based on Excel	Budget impact model based on Excel
ICER for surgery	1)German • Laparoscopic Adjustable Gastric Banding: cost saving	1)Austria • Laparoscopic Adjustable Gastric Banding: cost	The high initial costs of performing LAGB are offset within 5

	(3,586€ per patient) • Gastric Bypass: cost saving (5,030€ per patient)	saving (2,942€ per patient) • Gastric Bypass: cost saving (1,938€ per patient)	years after surgery when compared with Standard medical management in obese type 2 diabetes
	2)France • Laparoscopic Adjustable Gastric Banding: cost saving (4,480€ per patient) • Gastric Bypass: cost saving (5,877€ per patient)	2)Italy • Laparoscopic Adjustable Gastric Banding: cost saving (1,107€ per patient) • Gastric Bypass: cost saving (1,670€ per patient)	
	3)England • Laparoscopic Adjustable Gastric Banding: cost effective (1,929€/QALY) • Gastric Bypass: cost effective (1,517€/QALY)	3)Spain • Laparoscopic Adjustable Gastric Banding: cost effective (1,456€/QALY) • Gastric Bypass: cost effective (2,664€/QALY)	
	<b>Hoerger et al. 2010</b> (미국, CEA)	<b>Faria et al. 2013</b> (포르투갈, CEA)	<b>Keating et al. 2009</b> (호주, CEA)
<b>Time</b>	Lifetime	Lifetime	Lifetime
<b>Model</b>	Extended CDC/RTI Diabetes cost effectiveness model (Markov Model)	Markov model	Markov model
<b>ICER for</b>	• Gastric Bypass: cost effective	Gastric Bypass: cost saving (13,244€ per patient)	Laparoscopic Adjustable Gastric

<b>surgery</b>	(for newly diagnosed patients: \$7,000/QALY) (for established diabetes patients: \$12,000/QALY) • Banding surgery: cost effective (for newly diagnosed patients: \$11,000/QALY) (for established diabetes patients: \$13,000/QALY)		Banding: cost effective (AU\$16,600/ case of diabetes remitted)
----------------	--	--	--

첫 번째로, Ackroyd (2006)와 Anselmino(2009)은 고도비만 당뇨병환자에서 5년의 기간 동안 대사비만수술과 비수술적 치료법의 비용효과성을 연구하였다. 연구 결과, 고도비만 당뇨병환자에서 조절형 위밴드술과 위우회술을 시행하는 경우, 독일, 프랑스, 오스트리아, 이탈리아에서는 비용을 절감시켰고, 영국과 스페인에서는 비용 효과적인 것으로 확인되었다. 비록 5년이라는 짧은 분석 기간과 모형의 불확실성이라는 제한점이 있었지만, 6개국가에 공통적으로 비용 절감 또는 비용 효과적인 결과가 나왔다는 점에서 시사하는 바가 크다.

두 번째로, Hoerger(2010), Keating(2009), Faria(2013)는 고도비만 당뇨병환자에서 Lifetime 동안 대사비만수술과 기존의 비수술적 치료법의 비용효과성을 연구하였다. 이들은 모두 Markov model을 이용하였으나, 마콥모형의 건강상태에 대한 가정은 모두 달랐다. Hoerger(2010),

Faria(2013)는 당뇨의 합병증에 초점을 맞추어 각자 다르게 건강상태를 가정하였으며, Keating(2009)의 경우에는 대사비만수술 후 당뇨의 관해와 재발에 초점을 맞추어 건강상태를 가정하였다. 세 연구에서 가정한 마콥모델은 모두 달랐지만, 모든 연구에서 대사비만수술이 고도비만 당뇨환자의 치료에 있어 비용 절감 또는 비용 효과적인 것으로 확인되었다.

마지막으로 Pollock(2013)의 문헌은 영국에서 시행한 Budget impact analysis이다. 이 연구는 새로 당뇨를 진단받은 고도비만 환자 100명을 cohort로 가정하여 수행하였다. 연구 결과, 조절형 위밴드술을 받은 환자들은 4년이 지난 시점부터 기존의 비수술적치료를 받은 환자들에 비해 누적 비용이 줄어들기 시작하였고, 5년째에는 총 £91,287의 비용이 절감되었다.

### III. 연구방법

#### 3.1 비교 대안의 선정

본 연구는 고도비만 당뇨병환자에서 대사비만수술과 기존의 비수술적 당뇨병치료를 비교하고자 한다. 따라서, 첫 번째 대안은 대사비만수술을 받은 후 당뇨가 관해 되면, 이후에는 당뇨에 대한 치료 없이 정기적으로 당뇨의 재발에 대해서만 검사를 받으며, 당뇨가 관해 되지 않는 경우에는 지속적으로 당뇨치료를 받는다. 두 번째 대안은 대사비만 수술을 받지 않고, 기존의 비수술적 당뇨병치료만을 받는다.

표 2. 비교대안

비교 대안	대사비만수술	기존의 비수술적 당뇨병치료
1	O	X (단, 수술 후 당뇨가 관해되지 않은 경우에는 기존의 비수술적 치료를 받음)
2	X	O

#### 3.2 분석모형과 효과자료의 수집

##### 3.2.1 대상 인구 집단

본 연구는 우리나라 30세 이상 성인 당뇨병환자에서 고도비만(체질량지수  $30\text{kg/m}^2$  이상)을 가진 가상적인 코호트를 대상으로 2가지의 대안(대사비만수술, 기존의 비수술적치료)에 대한 시뮬레이션을 수행하였다.

가상 코호트는 우리나라 국민건강영양조사 자료에서 연령별 당뇨병 유병률을 파악하여 국내 당뇨병 환자수를 추정한 뒤, 체질량지수가  $30\text{kg/m}^2$  이상(7.9%)인 고도비만 환자들을 추정하였다 (Korea Centers for Disease Control and Prevention, 2012).

그림 1. 분석대상 코호트

국내 당뇨병환자 358만명 (2013년 추정)	
체질량지수 $30\text{kg/m}^2$ 미만: 92.1%	<분석대상 코호트> 체질량지수 $30\text{kg/m}^2$ 이상 : 7.9%

표 3. 분석대상 코호트의 크기

연령별	2013 년 추정인구구조	2011 년 연령별 당뇨병 유병률	2013 년 추정당뇨병 환자수(명)	2013 년 추정 고도비만 당뇨환자수(명)
30-40	7,902,967	0.0250	197574	15608
40-50	8,531,557	0.0660	563083	44484
50-60	7,718,223	0.1380	1065115	84144
60-70	4,368,978	0.1960	856320	67649
70-80	2,980,754	0.2150	640862	50628
80-90	1,084,542	0.2150	233177	18421
90-100	134,989	0.2150	29023	2293
Total	32,722,010		3,585,153	283,227



### 3.2.2 분석모형의 가정과 효과자료의 수집

본 연구에서는 고도비만을 가진 당뇨병환자를 가상 코호트로 하여, 대사비만수술과 기존의 비수술적 당뇨병치료를 받은 제 2형 당뇨병 환자들의 자연경과를 반영하도록 TreeAge Pro suite를 이용하여 [그림 2]와 같은 마콥모형을 구성하였다. 모형에 대한 가정은 다음과 같다. 모형에는 [표 4]와 같은 건강상태가 존재한다. 가상의 코호트에 있는 환자들은 대사비만수술 또는 기존의 비수술적 당뇨병치료를 받은 후 당뇨병의 관해에 이를 수 있고, 당뇨병의 관해에 도달한 환자들 중 일부는 매년 다시 당뇨병이 재발하는 것으로 가정하였다. 건강상태간 전이가 일어나는 시간간격은 1년 단위로 하였고, 당뇨병환자가 100세에 도달할 때까지 1년 주기로 반복적으로 적용하였다.

그림 2. 마콥모형: 건강상태와 첫 번째 주기의 전이 확률([표 5] 참고)

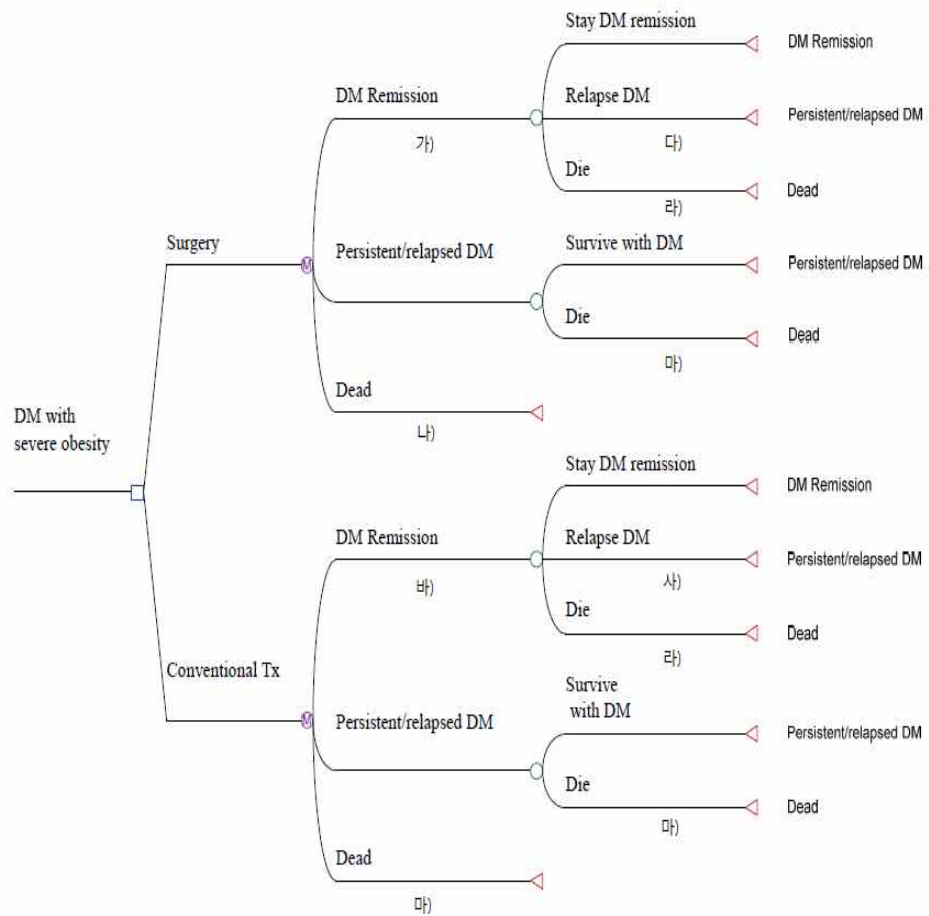


표 4. 건강상태의 정의

마콥모형의 건강상태	임상정의	비고
당뇨병	제 2형 당뇨병	
당뇨병 관해/ 당뇨병 관해	당뇨병에 대한 치료 없이 정상혈당 및 혈색소를 유지하는 상태	당뇨병의 Disease Progression (당뇨병에

유지		의한 합병증 및 당뇨병에 의한 사망)을 겪지 않음
당뇨병 재발	당뇨병의 관해 상태에 있다가 다시 제 2형 당뇨병이 발병한 상태	당뇨병의 Disease Progression을 겪음
지속적인 당뇨병상태	당뇨병의 관해에 이르지 않고, 지속적으로 당뇨병이 있는 상태	당뇨병의 Disease Progression을 겪음
사망	대사비만수술과 관련한 사망/ 당뇨병 상태에서의 사망/ 당뇨병 관해상태에서의 사망	

### 3.2.3 분석 기간과 할인율

본 연구에서 분석기간은 환자가 100세에 이르거나 또는 사망할 때까지이므로 평생(Life time)이라고 할 수 있다. 이는 당뇨병이 만성적으로 계속 진행하는 질환이고, 각 치료대안들의 효과를 측정하는 효과변수가 “삶의 질이 보정된 연장된 삶”이기 때문이다. 분석 기간이 평생이므로 분석 기간 중 발생한 비용과 효과에 대하여 5%의 할인율을 적용하였다. 할인율은 5%를 기본 할인율로 적용하되, 다른 할인율을 적용할 경우에 대해서는 민감도 분석을 실시하였다. 비용과 효과 모두에 대해 할인율을 적용하였으며 다만 직관적 해석이 가능하도록 연장된 생존년수에 대해서는 할인을 적용하지 않았다

#### 3.2.4 전이 확률 및 사망확률에 대한 가정

기본적으로 마콕모형에서 건강상태별 전이 확률을 추정하기 위해서는 잘 설계된 코호트 자료가 필요하다. 그러나 국내에는 이러한 코호트 자료가 없기 때문에, 본 연구에서는 불가피하게 한국인을 대상으로 한 단기간의 임상(Heo 등, 2012)결과와 외국의 장기간 코호트 자료인 SOS 연구(Sjostrom 등, 2007) 결과를 사용하기로 하였다. 스웨덴의 비만수술 연구회가 연구한 SOS(Swedish Obese Subjects) 연구는 대사비만수술의 장기적인 예후를 관찰한 코호트 연구들 중 가장 관찰기간이 길고 잘 디자인되어 있는 연구이다. 각 건강상태간의 전이확률과 사망률은 [표 5]에 나와있다.

마콕모형 내에서 사망은 대사비만수술의 합병증으로 인한 사망과 당뇨병 상태에서의 사망, 당뇨병 관해 상태에서의 사망이 모두 가능한 것으로 가정하였다. 대사비만수술에 의한 사망률은 자료원에 따라 다양하게 보고되나, 본 연구에서는 Heo 등(2012)이 보고한 한국 임상결과를 사용하였다. 당뇨병 상태에서의 사망률은 Lim 등(2013)의 자료를 참고하였으며, 당뇨병 관해 상태에서의 사망은 해당 연령군의 평균 사망률(Statistics Korea, the mortality rate of 2011)과 같다고 가정하였다.

표 5. 건강상태별 전이 확률 및 사망률에 대한 가정

건강상태	전이 확률	그림 2	참고
<b>대사비만수술군</b>			
당뇨병-→ 당뇨병 관해	0.571	가)	(Heo 등, 2012)
수술 후 사망	0.0038	나)	(Heo 등, 2012)
당뇨병 관해-→ 당뇨병 재발	0.083	다)	(Sjostrom 등, 2007)
당뇨병 관해상태에서의 사망	연령별 사망률	라)	(Statistics Korea, 2013)
당뇨병 상태에서의 사망	0.0427	마)	(Lim 등, 2013)
<b>비수술적 치료군</b>			
당뇨병-→ 당뇨병 관해	0.095	바)	(Heo 등, 2012)
당뇨병 관해-→ 당뇨병 재발	0.045	사)	(Sjostrom 등, 2007)
당뇨병 관해상태에서의 사망	연령별 사망률	라)	(Statistics Korea, 2013)
당뇨병 상태에서의 사망	0.0427	마)	(Lim 등, 2013)

### 3.3 효용가중치자료의 수집

본 연구는 각 치료대안의 효과를 보여주는 지표로서 질보정생존년수 (QALY)를 사용하는데, 이는 연장된 수명의 삶의 질을 고려하여 산출한다는 점에서 연장된 생존년수(LGY)와 구별된다. 본 연구에서는 한국의료패널자료를 이용한 Chung(2011)의 연구를 참조하여 당뇨병 유무에 대한 질 가중치를 적용하였다.

표 6. 당뇨병의 질 가중치

연령	30-39	40-49	50-59	60-69	70-99	연령표준화
당뇨병 없음	0.971	0.963	0.945	0.914	0.865	0.949
당뇨병 있음	0.969	0.937	0.919	0.885	0.821	0.88

### 3.4. 비용의 추정

#### 3.4.1 비용범주 및 분석관점

경제성평가에 포함되는 비용은 연구의 주제와 분석관점에 따라 범주를 달리 할 수 있다. 사회적 관점에는 직접 의료비와 직접 비의료비, 기타비용이 모두 포함되는데, 이 중 직접 비의료비와 기타비용에 해당하는 교통비, 간병비, 시간비용, 생산성 손실비용 등은 대사비만수술(또는 수술합병증)으로 인한 입원일수와 외래방문 횟수에 대한 자료가 필요하다. 그러나, 국내에는 이에 대한 적절한 자료가 없는 실정이다. 참고할 수 있는 외국의 연구들이 일부 있으나(Hoerger등 2010, Keating등 2009), 국내와는 입원 및 외래 경과 관찰에 대한 의료체계가 상이하므로, 본 연구에 직접 반영하기 힘들다고 여겨진다. 따라서 본 연구는 직접의료비만을 포함한 보험자 관점에서 경제성평가를 시행하고자 한다.

표 7. 분석 관점 및 비용 항목

비용범주			
분석관점에 따른 비용항목			
직접 의료비	사회적 관점	보험자 관점	수술비용 + 합병증으로 인한 재수술비용 + 수술부위 합병증으로 인한 첫해 외래비용 수술 후 경과 관찰을 위한 외과외래 및 검사 비용 Barium enema/Gastroscopy 당뇨병재발모니터링을 위한 외래 및 검사 비용 안과 외래 및 검사 비용 연간 당뇨병치료비
직접 비의료비			교통비 간병비 입원일당 시간비용
기타비용			생산성 손실비용

### 3.4.2 직접 의료비용

본 연구의 직접 의료비용은 크게 일회성 비용과 반복성 비용으로 나눌 수 있다. 일회성 비용에는 대사비만수술군에서 발생하는 수술비용/재수술비용/수술 첫해 외래방문비용(합병증으로 인한 외래 방문 포함)이 해당한다. 반복성 비용에는 수술 이후 지속적으로 들어가는 비용(수술 경과 확인을 위한 외과 외래방문 및 검사비용, 수술 부위의 관찰을 위한 상부위장관 조영촬영 또는 위내시경 비용), 당뇨병 관해 이후 지속적으로 들어가는

비용(당뇨병 모니터링을 위한 외래방문비용, 당뇨망막병증 확인을 위한 안과 외래 및 검사비용), 당뇨병지속 또는 재발 시 들어가는 비용 (연간 당뇨병 치료비)이 있다.

수술비용/재수술비용/수술 첫째 외래방문비용(합병증으로 인한 외래 방문 포함)은 국내에서 고도 비만환자들을 대상으로 대사비만수술의 효과를 연구한 Heo등(2012)의 연구에서 참고하였다. 이 연구에서는 슬리브 위소매절제술과 위우회술, 조절형위밴드술이 각각 28%, 28%, 44%의 비율로 이루어졌다. 환자들이 받은 대사비만수술의 종류와 비율에 따라 연구마다 일인당 수술비용에 차이가 있어 추후 민감도 분석에 포함하였다 [표 8].

수술 이후 지속적으로 들어가는 비용과 당뇨병 관해 이후 지속적으로 들어가는 비용의 대해서는 Keating 등(2009)의 연구와 2011년 건강보험 통계연보 자료를 참고하였으며, 국내에서 당뇨병의 검진비용은 Chung 등(2008)의 연구를 참고하였다[표 9].

연간당뇨병치료비는 Korean National Diabetes Program에 등록된 3,125명을 대상으로 당뇨병환자의 직접의료비용을 연구한 Kim 등(2012)의 연구에서 참고하였다. 모든 금액은 2011년을 기준으로 통일하였다.



표 8. 수술 비율에 따른 일인당 수술비의 변동

수술 방법	Unit cost (Won)	수술 비율 (Heo , 2012)	일인당 수술비 (Won)	수술 비율 (Dumon, 2011)	일인당 수술비 (Won)	수술 비율 (NECA, 2011)	일인당 수술비 (Won)
위소매 절제술	9,510,845	0.28		0.11		0.13	
위우회술	13,837,426	0.28	9,796,672	0.47	10,670,885	0.19	8,918,733
조절형 위밴드술	7,431,194	0.44		0.42		0.68	

표 9. 마콥모형에 적용된 직접의료비용

Annual unit/ probabi lity	Reference	Unit cost (Won)	Annual cost (Won)	Referen ce	Uncertainty analysis
수술 비용					
수술비용 +					
재수술비용 +			9,796,672	(Heo 등, 2012)	8,918,732~
수술 첫째 외래 방문비용			72		10,670,885

수술 이후 지속적으로 들어가는 비용					
외래방문 및 검사	2	(Keating 등, 2009)	14,917	29,834	2011 건강보험 통계연보 (Keating, 2009)
상부위장관조 영촬영 또는 위내시경	1	(Keating 등, 2009)	45,818	45,818	2011 건강보험 통계연보 increase 100%
당뇨병 관해 이후 지속적으로 들어가는 비용					
당뇨병재발모 니터링을 위한 외래방문 및 검사	1.4	(Keating, 등 2009)	17,170	24,038	(Chung 등, 2008)
안과외래 및 검사	0.5	(Keating, 등 2009)	21,438	10,719	2011 건강보험 통계연보
당뇨병이 지속되거나 재발하는 경우 들어가는 비용					
연간 당뇨병치료비			2,849,400	(Kim 등, 2012)	1,938,800~ 3,771,700

## IV. 연구결과

### 4.1 효과 분석 결과

본 연구에서는 대안 별로 ‘삶의 질이 보정된 생존연수(QALY)’를 산출하여 총 효과를 비교하였다. 가상 코호트 환자 283,227명 전체가 각각 대사비만수술 또는 비수술적 당뇨병치료를 받는다고 가정했을 때, 본 연구의 분석기간인 평생 동안, 대사비만수술의 총 QALY는 2,803,947.3이었고, 비수술적 당뇨병치료군의 총 QALY는 2,566,036.6이었다. 1인당 QALY는 대사비만수술군에서 9.90, 비수술적 당뇨병치료군에서 9.06으로, 양 군간의 차이는 0.84 QALY이었다[표 10].

표 10. 대안간 누적 및 일인당 QALYs 비교

연령	가상코호트의 환자수	고도비만 당뇨병환자	총 QALY	1 인당 QALY
30-99 세	283,227	대사비만수술군	2,803,947.3	9.90
		비수술적 치료군	2,566,036.6	9.06
		차이	237,910.7	0.84

\* 가상 코호트 환자 283,227명 전체가 각각 대사비만수술 또는 비수술적 당뇨병치료를 받는다고 가정

## 4.2 비용 분석 결과

가상 코호트 환자 283,227명 전체가 각각 대사비만수술 또는 비수술적 당뇨병치료를 받는다고 가정했을 때, 각각의 총비용은 대사비만수술의 경우 8,798,395,774,140원, 비수술적 당뇨병치료군의 경우 7,672,643,787,522원이었다. 1인당 비용은 대사비만수술군에서 31,064,820원, 비수술적 당뇨병치료군에서 27,090,086원으로, 양 군간의 차이는 3,974,734원이었다[표 11].

표 11. 대안간 누적 및 일인당 비용 비교

연령	가상코호트의 환자수	고도비만 당뇨환자	총 비용 (Won)	1 인당 비용 (Won)
30- 99 세	283,227	대사비만수술군	8,798,395,774,140	31,064,820
		비수술적 치료군	7,672,643,787,522	27,090,086
		차이	1,125,751,986,618	3,974,734

\* 가상 코호트 환자 283,227명 전체가 각각 대사비만수술 또는 비수술적 당뇨병치료를 받는다고 가정

## 4.3 비용-효과 분석 결과

고도비만을 가진 당뇨병환자에서 기존의 비수술적인 당뇨병치료와 대사비만수술을 비교한 결과, 대사비만수술은 비용 효과적인 대안으로 나타났다. 보험자관점에서 대사비만수술의 점증적 비용 효과비(ICER)는 4,731,826원/QALY이었다[표 12].

표 12. 기본 비용효과분석( $\Delta$ 비용/ $\Delta$ QALY) 결과

대안	1 인당 비용 (Won)	1 인당 효과 (QALYs)	비용증가분 (Won)	QALY 증가분	ICER (Won/QALY)
대사비만수술군	31,064,820	9.90			
비수술적 치료군	27,090,086	9.06			
			3,974,734	0.84	4,731,826

\* 가상 코호트 환자 283,227명 전체가 각각 대사비만수술 또는 비수술적 당뇨병치료를 받는다고 가정

## 4.4 민감도 분석 결과

본 연구의 최종결과인 대사비만수술의 점증적 비용효과비에 중요하게 영향을 미칠 수 있는 요인들에 대해 각각 민감도 분석을 실시하였다.

### 4.4.1 연령에 따른 민감도 분석

본 연구는 두 대안을 Lifetime 동안 분석하는 것이기 때문에, 연령이 대사비만수술의 점증적 비용효과비에 중요한 영향을 미칠 것으로 예상된다. 더욱이 대사비만수술은 비수술적 당뇨병치료에 비해 매우 침습적이기 때문에, 실제 진료환경에서는 환자의 연령이 높아질수록 수술에 대한 선호도가 떨어질 수 있을 것이다. 따라서, 각 연령대별로 대사비만수술의 점증적 비용효과비를 제시하는 것이 필요할 것으로 생각되어 민감도분석을 시행하였다[표 13].

분석 결과, 점증적 비용효과비는 30대의 환자에서 3,408,877 Won/QALY로 가장 낮았고, 연령이 증가할수록 증가하는 양상을 보여 60대 환자에서는 4,731,826 Won/QALY로 높아졌으나 여전히 비용효과적이었다. 단, 70대 이상의 환자에서는 대사비만수술이 비수술적 당뇨병치료보다 QALY의 개선도 없고, 비용도 증가하는 열등한 대안으로 나타났다.

표 13. 연령에 따른 민감도 분석

연령	고도비만	1 인당	1 인당 비용	ICER
30-39	대사비만수술군	11.10	33,434,381	3,408,877
	비수술적 치료군	9.56	28,184,710	
	차이	1.54	5,249,671	
40-49	대사비만수술군	10.95	33,147,650	3,498,680
	비수술적 치료군	9.50	28,074,564	
	차이	1.45	5,073,086	
50-59	대사비만수술군	10.62	32,505,764	3,740,856
	비수술적 치료군	9.36	27,792,286	
	차이	1.26	4,713,478	
60-69	대사비만수술군	9.90	31,064,820	4,731,826
	비수술적 치료군	9.06	27,090,086	
	차이	0.84	3,974,734	
70-99	대사비만수술군	6.11	23,237,111	-2,158,751
	비수술적 치료군	6.96	21,402,173	
	차이	-0.85	1,834,938	

#### 4.4.2 분석기간에 따른 민감도 분석

본 연구는 lifetime 동안 두 대안의 치료 효과 및 비용을 분석하기 위해, 100세를 기준으로 분석하였으나, 실제 한국인의 평균 생존 기간은 80-90세 사이에 있으므로 분석 기간을 달리하여 민감도 분석을 시행하였다. 민감도 분석 결과, 분석 기간이 짧을수록 대사비만수술의 점증적 비용효과비는 낮아지는 것을 확인할 수 있었다. 그러나 분석기간을 길게 하여도 점증적 비용효과비는 여전히 500만원 이하에 있어, 대사비만수술이 비용효과적인 방법임을 보여주었다[표 14].

표 14. 분석기간에 따른 민감도 분석

분석기간	고도비만 당뇨환자	1 인당효과 (QALY)	1 인당 비용 (원)	ICER (Won/QALY)
80 세	대사비만수술군	9.81	29,907,605	3,775,371
	비수술적 치료군	8.68	25,641,436	
	차이	1.13	4,266,169	
90 세	대사비만수술군	9.99	30,822,161	4,088,647
	비수술적 치료군	8.95	26,569,968	
	차이	1.04	4,252,193	
100 세	대사비만수술군	9.90	31,064,820	4,731,826
	비수술적 치료군	9.06	27,090,086	
	차이	0.84	3,974,734	

#### 4.4.3 할인율에 따른 민감도 분석

마콥모델에서 비용과 효과에 대한 분석이 수년에 걸쳐 이루어지면, 비용과 효과 모두에 대한 할인(Discount)을 고려해야 한다. 본 연구에서는 현재 한국에서 권장되는 5%의 할인율을 적용하여 분석하였으며, 3%와 7.5%에 대해서도 추가적으로 민감도 분석을 실시하였다. 민감도 분석 결과, 할인율을 달리하여도 점증적 비용효과비는 300~700만원 사이에 있어, 대사비만수술이 여전히 비용효과적인 방법임을 보여주었다[표 15].

표 15. 할인율에 따른 민감도 분석

할인율	고도비만 당뇨환자	1인당효과 (QALY)	1인당비용 (원)	ICER (Won/QALY)
3%	대사비만수술군	12.01	36,763,514	3,680,346
	비수술적 치료군	10.98	32,972,758	
	차이	1.03	3,790,756	
5%	대사비만수술군	9.90	31,064,820	4,731,826
	비수술적 치료군	9.06	27,090,086	
	차이	0.84	3,974,734	
7.50%	대사비만수술군	8.06	26,286,389	6,446,513
	비수술적 치료군	7.40	22,031,690	
	차이	0.66	4,254,699	



#### 4.4.4 수술비용의 변동에 따른 민감도 분석

수술비용도 대사비만수술의 점증적 비용효과비에 영향을 미치는 한 부분이다. 대사비만수술은 수술 방법에 따라 수술비, 재수술비등에 대한 편차가 있고, 각각의 수술을 받는 환자들의 비율이 참고하였던 연구들에서 상당한 차이가 있었다. 따라서 각각의 수술을 받는 환자들의 비율을 기반으로 가장 낮게 추정되는 수술비와 가장 높게 추정되는 수술비 사이에서 민감도 분석을 시행하였다. 민감도 분석 결과, 수술비용이 낮을수록 대사비만수술의 점증적 비용효과비는 낮아지는 것을 확인할 수 있었다. 수술비용을 높게 하여도 대사비만수술의 점증적 비용효과비는 600만원 이하에 있어, 여전히 대사비만수술이 비용효과적인 방법임을 보여주었다[표 16].

표 16. 수술비용의 변동에 따른 민감도 분석

수술비용 (won)	고도비만 당뇨환자	1 인당 효과 (QALY)	1 인당 비용(원)	ICER (Won/QALY)
8,918,732	대사비만수술군	9.90	30,186,880	3,695,168
	비수술적 치료군	9.06	27,090,086	
	차이	0.84	3,096,794	
9,502,783	대사비만수술군	9.90	30,770,931	4,392,071
	비수술적 치료군	9.06	27,090,086	
	차이	0.84	3,680,845	
10,086,834	대사비만수술군	9.90	31,354,982	5,088,975
	비수술적 치료군	9.06	27,090,086	

	차이	0.84	3,902,332	
	대사비만수술군	9.90	31,939,033	
	비수술적 치료군	9.06	27,090,086	5,785,878
10,670,885	차이	0.84	4,778,408	

#### 4.4.5 당뇨병 치료 비용에 따른 민감도 분석

당뇨병의 연간 치료비용도 두 비교대안의 총 비용에 영향을 미치는 중요한 변수이다. 특히, 당뇨병은 당뇨합병증의 정도에 따라 연간 치료비용에 차이가 클 수 있으므로, 민감도 분석이 필요하다. Kim 등(2012)의 연구에 따르면, 국내에서 미세혈관합병증과 대혈관합병증을 모두 가지고 있는 당뇨병환자는 연간 당뇨치료비로 2,849,400원을 사용하고, 대혈관합병증만 가지고 있는 경우에는 연간 3,771,700원을 사용한다고 하였다. 여기에 합병증이 없는 당뇨병환자를 포함한 모든 당뇨병환자의 평균연간 치료비는 1,938,800원으로 보고하였다. 일반적으로 당뇨 발생 후 평균 10년이 지나면 미세혈관 합병증이 발생하는 것으로 알려져 있기 때문에, 본 연구에서는 미세혈관합병증과 대혈관합병증을 모두 가지고 있는 당뇨병환자의 연간 당뇨치료비(2,849,400원)를 사용하였으나, 다른 금액에 대하여서도 민감도 분석을 시행하였다. 민감도 분석 결과, 당뇨병 치료비용이 높을수록 대사비만수술의 점증적 비용효과비는 낮아지는 것을 확인할 수 있었다. 그러나, 연간 당뇨치료비용을 낮게 하여도 점증적 비용효과비는 730만원 정도에 있어, 대사비만수술이 여전히 비용효과적인 방법임을 보여주었다[표 17].

표 17. 당뇨병 치료비용에 따른 민감도 분석

당뇨병 치료비용 (won)	고도비만 당뇨환자	1 인당효과 (QALY)	1 인당 비용 (원)	ICER (Won/QALY)
	대사비만수술군	9.90	24,558,669	
1,938,800	비수술적 치료군	9.06	18,440,640	7,300,177
	차이	0.84	6,118,029	
	대사비만수술군	9.90	31,064,820	
2,849,400	비수술적 치료군	9.06	27,090,086	4,731,826
	차이	0.84	3,974,734	
	대사비만수술군	9.90	37,654,566	
3,771,700	비수술적 치료군	9.06	35,850,666	2,152,456
	차이	0.84	1,803,900	

## V. 고찰 및 결론

### 5.1. 연구결과의 해석

본 연구는 고도비만을 가진 당뇨병환자에서 대사비만수술이 기존의 비수술적 당뇨치료에 비해 비용 효과적이지를 확인하기 위해 수행되었다. 이와 같은 주제로 유럽과 미국, 호주 등지에서 선행된 6 편의 연구 문헌을 고찰하였으며, 그 결과, 비록 비교에 사용한 모형이 서로 상이하고, 나라마다 의료체계와 수가가 다를지라도, 대사비만수술의 비용효과성에 대해서는 공통적인 결론을 보여주고 있음을 알게 되었다. 본 연구는 한국에서도 이와 같은 결과가 재현되는지 알기 위해 대사비만수술 후 당뇨의 관해와 재발에 초점을 맞춘 마콥모형을 구축하여 비용효과성을 분석해보았다. 효과 자료는 체계적 문헌 고찰을 통해 자료원을 선정하여 내적 타당성을 확보하고자 하였고, 비용은 건강보험통계연보 등의 국내 자료를 적용하였다.

본 연구의 결론으로, 대사비만수술은 기존의 비수술적인 당뇨치료와 비교하여 국내에서 비용효과적인 대안이었으며, 점증적인 비용효과비는 4,731,826 Won/QALY 이었다. 이 결과는 마콥모델에 반영된 분석기간, 할인율, 수술비용, 연간 당뇨치료비용 등에 변화를 주어도 일관되게 나타났다. 이는 유럽과 미국, 호주 등지에서 시행된 선행연구들의 결과와 동일하다.

특히, 대사비만수술은 상당히 침습적인 치료법이므로 주로 젊은 연령의 환자들에게서 고려될 확률이 높는데, 연령대별로 분석해보면 30-40대

환자들은 340만원대의 추가비용으로 1QALY를 증가시킬 수 있었고, 50-60대 환자들도 300-500만원 정도의 추가비용으로 1QALY를 증가시킬 수 있었다. 유일하게 70대이상의 환자에서는 대사비만수술군에서 QALY가 감소되어 열등한 대안이 되는 결과가 나왔다. 이것은 이 연령대의 환자들이 젊은 환자들에 비해, 상대적으로 100세까지 남아 있는 기간이 짧고, 평균 사망률도 높아, 대사비만수술로 얻을 수 있는 이득을 충분히 누리지 못한 채 마콥모형에서 나오기 때문이라고 생각된다. 또한 본 연구의 마콥모형에서는 반영되지 못했지만, 일반적으로 70대 이상 환자들에서는 수술로 인한 사망률이 다른 연령대에 비해 높다고 알려져 있으므로, 고령의 환자들에서는 대사비만수술이 열등한 대안일 가능성이 높다.

## 5.2. 연구에 대한 고찰

본 연구에서 사용한 당뇨병환자의 마콥모델은 대사비만수술 이후 당뇨의 관해와 재발에 초점을 맞춘 것으로서, 일반적으로 당뇨병환자들의 치료효과 비교 연구에서 주로 사용되는 CDC Diabetes Cost-effectiveness model(Hoerger 등, 2002)과는 차이가 있다. CDC 모형은 당뇨병을 가진 환자에서 당뇨합병증이 진행하는 자연경과를 잘 반영한다는 점 때문에, 지금까지 여러 당뇨 관련 경제성평가연구에서 사용되어 왔다.

그러나 대사비만수술의 경우에는 수술 후 대부분의 환자가 당뇨가 개선되거나 관해되는 상태에 도달하여 장기간 그 효과가 유지되게 된다. 따라서 대사비만수술을 받은 환자들은 비록 당뇨의 관해 상태에 이르지 않았더라도, 수술로 인해 CDC 모형의 전이 확률을 그대로 따르지 않을

가능성이 높다. 실제로 2013년에 발표된 Johnson(2013)의 연구에 따르면 대사비만수술을 받은 환자에서 당뇨병의 주요대혈관 합병증과 미세혈관합병증이 65%나 감소하였다는 보고가 있었다. 이는 대사비만수술을 받은 당뇨병환자들의 진행양상이 기존 당뇨병의 진행양상에서 달라질 수 있음을 시사하는 바가 크다.

이러한 이유 때문에 본 연구에서는 CDC 모델 대신 당뇨병의 관해와 재발에 초점을 맞춘 Keating의 모델(Keating, 2009)을 기반으로 마콥모형을 구축하였다. 그러나 이 모델 역시 시간에 따른 당뇨병 합병증의 진행을 고려하지 않았다는 점에서 제한점을 가지며, 그로 인해 본 연구결과와 두 대안들의 실제 효과와 비용에는 차이가 있을 가능성이 있다.

이렇듯, 현재 어떤 모형도 고도비만 당뇨병환자들에서 대사비만수술 후 건강상태의 전이를 완벽하게 예측할 수는 없다. 그러나, 대사비만수술이 선행연구들에서 다양한 모형하에서 동일하게 비용절감 또는 비용효과적으로 나왔기 때문에, 본 연구의 결과 해석에도 큰 무리가 없다고 판단된다.

### 5.3. 결론

당뇨병은 한국뿐 아니라 전세계적으로도 보건경제에 지대한 영향을 미치는 병이다. 그만큼 다양한 치료제들이 이미 존재하고, 또 지속적인 투자를 통해 새로운 치료법들이 계속 개발되고 있는 분야이다. 그러나 이러한 노력에도 불구하고, 아직 당뇨를 관해시키거나 완치시킬 수 있는 치료제는 없다고 봐도 무방하다. 그런 점에서 대사비만수술이 고도비만 당뇨병환자에서 보여준 치료결과는 획기적이라고 할 만 하다. 2011년

International Diabetes Federation(Dixon 등, 2011)에서 대사비만수술을 game changer라고 칭한 것도, 대사비만수술이 지금까지의 당뇨병치료의 paradigm을 shift할 수 있는 것으로 평가했기 때문일 것이다.

이러한 대사비만수술에 대한 사회보험의 적용에 대해서는 국가마다 차이가 있다. 북미나 유럽의 국가에서는 고도 비만에 대한 치료로서 대사비만수술에 보험적용이 되고 있기 때문에, 고도비만을 가진 당뇨병환자들도 동일하게 보험 적용을 받을 수 있을 것으로 생각된다. 아시아지역 중 한국에서는 아직 사회보험이 적용되지 않는다. 일본에서는 개복 비만수술에 대하여 사회보험이 적용된다고 하나, 실제 대부분의 비만수술이 복강경으로 이루어지기 때문에 현실적으로는 보험이 적용되는 사례가 적다고 볼 수 있다(NECA, 2011).

결론적으로, 대사비만수술은 고도비만을 가진 당뇨병환자에서 임상적으로 효과적이고, 경제적으로도 비용효과적인 방법으로 판단된다. 하지만 한국에서는 비만과 당뇨를 수술적으로 치료하는 접근법에 대한 사회적 인식이 낮고, 아직 대사비만수술이 사회보험적용을 받지 못하기 때문에 그 전파속도가 높지 못한 것으로 생각된다. 그러나 이러한 제약에도 불구하고, 장기적인 관점에서 보았을 때는 국내의 고도비만 당뇨병환자수가 점차 증가하고 대사비만수술의 임상 효과가 더 많이 알려지게 됨에 따라, 결국 대사비만수술은 고도비만 당뇨병환자의 치료의 한 축으로 자리매김하게 될 것으로 기대된다.

## VI. 참고문헌

Ackroyd R, Mouiel J, Chevallier J-M, et al. Cost-effectiveness and budget impact of obesity surgery in patients with type 2 diabetes in three European countries. *Obes Surg*. 2006;16:1488-503.

Anselmino M, Bammer T, Fernandez JM, et al. Cost-effectiveness and budget impact of obesity surgery in patients with type 2 diabetes in three European countries (II). *Obes Surg*. 2009;19:1542-9.

Belachew M, Legrand MJ, Defechereux TH, Burtheret MP, Jacquet N. Laparoscopic adjustable silicone gastric banding in the treatment of morbid obesity. A preliminary report. *Surg Endosc* 1994;8:1354-6

Bertucci W, Yadegar J, Takahashi A, Alzahrani A, Frickel D, Tobin K, et al. Antecolic laparoscopic Roux-en-Y gastric bypass is not associated with higher complication rates. *Am Surg* 2005;71:735-7.

Brolin RE. Long limb Roux en Y gastric bypass revisited. *Surg Clin North Am* 2005;85:807-17.

Buchwald H, Estok R, et al. Weight and type 2 diabetes after bariatric surgery: Systematic review and metaanalysis. *Am J Med* 2009;122:248e256.e5.

CDC Diabetes Cost-Effectiveness Group(Corresponding Author: T.J. Hoerger). Cost-effectiveness of intensive glycemic control, intensified hypertension control, and serum cholesterol level reduction for type 2



diabetes. JAMA 2002;287:2542-2551

Choi SH. Surgical Treatment for Morbid Obesity, Journal of Korean Obesity Association 2012;21:1

Chung HJ, Kweon HY et al, The Korean Journal of Health Economics and Policy Vol.14, No.1, 29-50, 2008

Chung YH, Ko SJ, et al. A Report on the Health Related Quality of Life in Korea. A Report on the Korea Health Panel Survey of 2009 (II), 2011

DeMaria EJ, Jamal MK. Laparoscopic adjustable gastric banding: evolving clinical experience. Surg Clin North Am 2005;85:773-87.

DeMaria EJ, Portenier D, Wolfe L. The Obesity Surgery Mortality Risk Score (OS-MRS): proposal for a clinically useful score to predict mortality risk in patients undergoing gastric bypass. Surg Obes Relat Dis 2007;3(2):134-40

Dixon JB, Zimmet P, et al. Bariatric surgery: an IDF statement for obese type 2 diabetes. Diabet Med 2011; 28: 628-42.

Dumon KR, Murayama KM. Bariatric surgery outcomes. Surg Clin North Am 2011;91:1313-38.

Elder KA, Wolfe BM. Bariatric Surgery: A Review of Procedures and Outcomes. Gastroenterology. 2007;132(6):2253-71.

Faria GR. et al. Gastric Bypass is a Cost-Saving Procedure: Results from a Comprehensive Markov Model OBES SURG 2013 DOI 10.1007/s11695-012-

0816–8

Frezza EE. Laparoscopic vertical sleeve gastrectomy for morbid obesity. The future procedure of choice? *Surg Today* 2007;37:275–81

Guidone C, Manco M, Valera–Mora E, Iaconelli A, Gniuli D, Mari A, et al. Mechanisms of recovery from type 2 diabetes after malabsorptive bariatric surgery. *Diabetes* 2006;55:2025–31

Han SM, Kim WW. Early results of laparoscopic isolated sleeve gastrectomy without duodenal switch in the treatment of Korean morbid obesity. *J Korean Surg Soc* 2005;68:471–8

Hart CL, Hole DJ, et al. How many cases of Type 2 diabetes mellitus are due to being overweight in middle age? Evidence from the Midspan prospective cohort studies using mention of diabetes mellitus on hospital discharge or death records. *Diabet Med* 2007, 24(1):73–80.

Heo YS, Park JM et al. Bariatric surgery versus conventional therapy in obese Korea patients: a multicenter retrospective cohort study *J Korean Surg Soc* 2012;83:335–342

Hoerger TJ., ZHANG P, et al. Cost–Effectiveness of Bariatric Surgery for Severely Obese Adults With Diabetes *Diabetes Care* 33:1933–1939, 2010

Johnson BL, Blackhurst DW, et al. Bariatric Surgery Is Associated with a Reduction in Major Macrovascular and Microvascular Complications in Moderately to Severely Obese Patients with Type 2 Diabetes Mellitus *J Am*

Coll Surg 2013;-:1e12.

Kaufman FR. Diabetesity: what you need to know if anyone you care about suffers from weight problems, pre-diabetes, or diabetes. published by Bantam Dell, 2006

Keating CL, Dixon JB, et al. Cost-effectiveness of surgically induced weight loss for the management of type 2 diabetes: modeled lifetime analysis. Diabetes Care. 2009;32(4):567-74.

Kim TH, Lee KW et al. Direct Medical Costs for Patients with Type 2 Diabetes and Related Complications: A Prospective Cohort Study Based on the Korean National Diabetes Program J Korean Med Sci 2012; 27: 876-882

Korea Centers for Disease Control and Prevention. Progress report on the national health and nutrition survey 2011(health examination): Korea Centers for Disease Control and Prevention; 2012

Lee DH. Recent Advances in Obesity Research and Management. Hanyang Med Rev 2012;32:213-218

Lee HC, Kim MK, et al. The Impact of Metabolic and Bariatric Surgery on Morbidly Obese Patients with Type 2 DM. J Korean Surg Soc 2010;79:8-13

Lim KJ, Lim SM, et al. Analysis of the OECD Health Data 2012, Research Institute for Healthcare Policy Korean Medical Association, 2013

Marceau P, Hould FS, Simard S, Lebel S, Bourque RA, Potvin M, et al. Biliopancreatic diversion with duodenal switch. World J Surg 1998;22:947-54

National Health Insurance Corporation and the Health Insurance Review and Assessment Service, 2011 Health Insurance Statistical Yearbook, 2013

NECA, the cost-effectiveness analysis of Bariatric surgery for Morbidly Obese, 2011

O' Brien PE, Brown WA, Smith A, McMurrick PJ, Stephens M. Prospective study of a laparoscopically placed, adjustable gastric band in the treatment of morbid obesity. *Br J Surg* 1999;85:113–8.

Pollock RF, Chilcott J, et al. Laparoscopic adjustable gastric banding vs standard medical management in obese patients with type 2 diabetes: a budget impact analysis in the UK *Journal of Medical Economics* Vol. 16, No. 2, 2013, 249–259

Ren CJ, Horgan S, Ponce J. US experience with the LAP-BAND system. *Am J Surg* 2002;184(6B):46S–50S.

Rosa G, Mingrone G, Manco M, Euthine V, Gniuli D, Calvani R, et al. Molecular mechanisms of diabetes reversibility after bariatric surgery. *Int J Obes (Lond)* 2007;31:1429–36.

Schauer PR, Burguera B, et al. Effect of laparoscopic Roux-en Y gastric bypass on type 2 diabetes mellitus. *Ann Surg* 2003;238:467–84; discussion 84–5.

Schauer PR, Ikramuddin S, Gourash W, Ramanathan R, Luketich J. Outcomes after laparoscopic Roux-en-Y gastric bypass for morbid obesity. *Ann Surg*

2000;232:515–29.

Silecchia G, Boru C, Pecchia A, Rizzello M, Casella G, Leonetti F, et al. Effectiveness of laparoscopic sleeve gastrectomy (first stage of biliopancreatic diversion with duodenal switch) on co-morbidities in super-obese high-risk patients. *Obes Surg* 2006;16:1138–44.

Sjostrom L, Narbro K, et al; Swedish Obese Subjects Study. Effects of bariatric surgery on mortality in Swedish obese subjects. *N Engl J Med*. 2007;357(8):741–752.

Statistics Korea, the mortality rate of 2011, 2013

Sugerman HJ, Wolfe LG, et al. Diabetes and hypertension in severe obesity and effects of gastric bypass-induced weight loss. *Ann Surg* 2003;237:751–6; discussion 7–8.

The Korean Academy of Family Medicine, Textbook of Family Medicine, published by Hankook medicine, 2007

Wen CP, David Cheng TY, et al. Are Asians at greater mortality risks for being overweight than Caucasians? Redefining obesity for Asians. *Public Health Nutr* 2009;12:497–506.

Yoon KH, Lee JH, et al. Epidemic obesity and type 2 diabetes in Asia. *Lancet* 2006;368:1681–8.

Zingmond DS, McGory ML, et al. Hospitalization before and after gastric bypass surgery. *JAMA* 2005;294:1918–24.

## Abstract

# Cost–effectiveness analysis of Bariatric surgery in type 2 diabetes patients with severe obesity in Korea

Kim, Changhee

Health Policy and Management

The Graduate School of Public Health

Seoul National University

**Backgrounds:** Bariatric surgery in type 2 diabetes patients with severe obesity has been proposed as a means to bring effective diabetes control. This study aimed to evaluate the cost–effectiveness of Bariatric surgery in type 2 diabetes patients with severe obesity compared to the standard medical management.

**Methods:** The cost–effectiveness analysis of Bariatric surgery for type 2 diabetes patients with severe obesity was conducted through Markov model. The resources regarding diabetes remission rate, mortality rate in each health status of Markov model, and all costs related treatments were from Korean data. While diabetes relapse rate

was obtained from Swedish obese subjects(SOS) study. Cost-effectiveness analysis was done in a health sector perspective during lifetime period. Also, series of sensitivity analyses were performed.

Results: As a result of analysis, Bariatric surgery was evaluated as cost-effective method for type 2 diabetes patients with severe obesity. The incremental cost-effectiveness ratio(ICER) of Bariatric surgery was 4,731,826KRW per quality-adjusted life-year(QALY). Through the sensitivity analyses, the results that as the age is lower, the time horizon is shorter, the price of operation is lower, and the price of standard medical management is higher, the ICER becomes to decrease were examined.

Conclusions: The cost-effectiveness analysis shows that of Bariatric surgery is cost-effective strategy compared to standard medical management for type 2 diabetes patients with severe obesity.

Keywords: Bariatric surgery, cost-effectiveness analysis, type 2 diabetes with severe obesity, Markov model

Student ID: 2010-22073